

I-571 地下空間の地震防災(その4) - 心理的不安度の推定におけるファジィ推論方法の検討 -

株式会社フジタ 技術研究所 正会員 ○中野浩之, 斉藤悦郎, 池見 拓, 中村正博

1. はじめに

筆者らは「地下空間の地震防災」に対して、VE手法を用いその基本機能の整理や防災対策について検討を行ってきた^{1, 2)}。その結果、一般利用者の地下に対する潜在的な不安感を軽減しておくことが地下防災にとって一つの特徴でありまた重要項目となることが明らかになった。さらに前報告では「心理的不安」の問題をとりあげ、これに関する因果関係を表す構造モデルの同定³⁾を行った。

本文では地下に対して人々が持つ地震時の「心理的不安度」を推定するため、この構造モデルにファジィ推論を利用した場合の適用性や推論方法について基礎的事項を検討したものである。

2. 推論方法

FSM 法によって求められた「地震時の心理的不安」を表わす構造モデルの概略を図-1に示した。構造モデルは6つの主要因とそれらを構成する74の要因から成っており、ツリーを構成する各要因間は下層から上層への影響度の強さを意味する(0~1)の数値関係 α_i で結ばれている。

推論は構造モデルの最下層要因を入力とし、これに対して条件を与え上層に向かって演算を進め、最終的にはその条件によって心理的不安がどうなるか(心理的不安度)を予測するものである。

推論の作成に当たっては、まずこの構造モデルをもとに各要因間の関係(0~1)をその影響度の強さに応じて真理値の関係で結びつける(表-1)。次にこの関係をもとに構造モデルに従って推論の条件付き命題(ファジィ命題)を作成し、合成規則に対し推論演算を行う。この際にファジィ命題をファジィ関係に変換する関係式が必要になるが、関係式の定義に関しては種々の方法が提案されているものの絶対的評価がされておらず、ここでは多値論理の含意におけるGödel, Rescher, Lukasiewicz...等のいくつかの方法⁴⁾を用い、推論の合成規則はmax-min法とした。入力条件は最下層要因の命題に対してファジィ真理値⁴⁾の形で与えるため出力値も同様の形式で得られるが、ここでは簡単化のため非ファジィ化を行い(0~1)の数値として出力命題の真偽の程度を算出した。また各ツリーの交わり部(●)は真理値集合上で各ツリーからの値の平均をとる処理をした。

3. 推論結果

ここではファジィ推論に用いる関係式等の条件を検討するために6つ主要因の中の1つである「潜在的な不安要因」(図-2)を例にとり、試算を行った。入力命題は「閉鎖空間である」「不案内空間である」「人工的空間である」の3つであり、これらの入力条件(0~1で表わされる真偽の程度、1の場合が命題が完全に真)に対して「イメージが悪い」という命題の答えが得られる。図-4と表-2に全ての入力に対してvery-very-trueの条件を与えた場合の出力に対するファジィ真理値と推定値結果を示す。出力命題に対する真偽の程度が各方法で異なっており、Lukasiewiczの方法ではmodus ponens⁴⁾を満たさないことから入力条件に対して弱まった答え(0.42)が得られ、直感にあった結果が得られていない。一方、GödelやRescherでは0.875であり、命題「イメージが悪い」はvery-very-trueであるという推定結果が得られている。この他に実施した計算結果も付せて判断すると、GödelやRescherはmax-min合成下で比較的良好な推定値が得られることがわかった。

4. アンケート調査との比較

前述の方法が今回対象とする問題に対して良好な推論結果を導いているかどうか実際の地下街を例にとりアンケート調査を実施して検討した。対象とした地下街は新・旧を代表すると思われる典型的な2つの地下街であり、これらの地下に関するイメージを見せた後、前述した構造モデルの入力項と出力項に対応するファジィ形式のアンケートに回答してもらった。図-5に新・旧の地下街に対してファジィ推論(Rescherの方法)で計算された「イメージが悪い」という命題の真偽の程度とアンケートでの調査結果を比較した。この結果、平均値は計算値が若干小さめの値になっているが全体的な分布形状はほぼ一致した結果が得られているものと判断できる。

5. おわりに

ファジ推論を利用し「地震時の心理的不安感」を定量的に推定するに当たって、その際に注意すべき推論の恣意性に関して合成規則、ファジ関係式等の条件から基礎的な検討を行った。その結果、FSM 法で構造化したモデルをもとに真理値を利用し推論する場合、Rescher の方法でmax・min 合成する今回の方法は、比較的人間感覚に合致した推論結果が得られることがわかった。なお、本研究は「地下空間の利用技術の開発」（建設省総合技術開発プロジェクト）の中の「地下構造物の耐震設計技術の開発」に関する共同研究の一環として実施したものである。

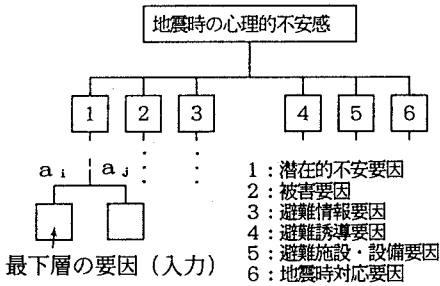


図-1 構造モデルの概略

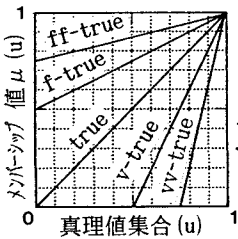
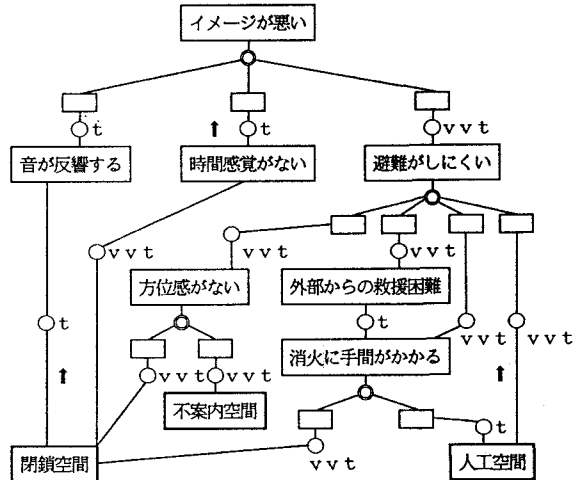


図-3 ファジ真理値

表-1 影響度と真理値

影響度	真理値
0.5	true
~0.7	v-true
~0.9	vv-true
~1.0	ab-true



※) t, vt, vvtはmodus ponens型の推論をtrue, very-true, very very-true の関係で演算することを意味する。

図-2 「潜在的不安要因」に対する基本構造モデル

図-3 ファジ真理値

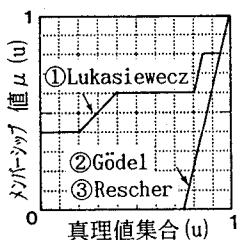


図-4 各方法で推論された「イメージが悪い」のファジ真理値

表-2 非ファジ化した「イメージが悪い」の推論値

No	関係式	真の程度
①	Luka...	0.420
②	Gödel	0.875
③	Rescher	0.875

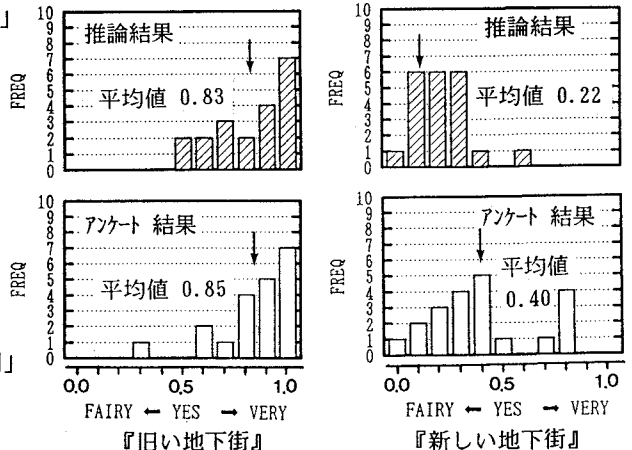
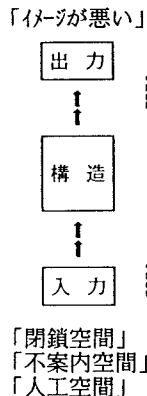


図-5 「潜在的不安要因（イメージが悪い）」に関するアンケート調査結果と推論結果の比較

- 【参文】1) 岸下他：地下空間の地震防災（その1）－KJ法による機能抽出－，第24回土質工学研究発表会，1989
 2) 岸下他：地下空間の地震防災（その2）－機能分類－，第44回土木学会年次講演会，1989
 3) 齊藤他：地下空間の地震防災（その3）－地震時の心理的不安に関する構造化－，第45回土木学会年次講演会
 4) 寺野，浅居，菅野編：「ファジシステム入門」，オーム社，1987
 5) 水本雅晴：「ファジ理論とその応用」，サイエンス社，1988